



**INDAGINI GEO-ARCHEOLOGICHE A
LARGO DEL SITO UNESCO “COSTIERA
AMALFITANA”**

CRESCENZO VIOLANTE
Istituto per L'ambiente Marino Costiero
Consiglio Nazionale Delle Ricerche

C. Violante

Indagini geoarcheologiche a largo del sito Unesco "Costiera Amalfitana"

CNR - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Napoli; 2009

crescenzo.violante@cnr.it

Cover

Struttura sommersa alla foce del torrente Canneto.

© CNR – Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Napoli

Calata Porta di Massa – Interno Porto di Napoli

Tel. +39 0815423847 - Fax +39 0815423888

www.iamc.cnr.it

Maggio, 2009

INDAGINI GEO-ARCHEOLOGICHE A LARGO DEL SITO UNESCO “COSTIERA AMALFITANA”

CRESCENZO VIOLANTE

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero

Le ricerche effettuate a largo della Costa d'Amalfi hanno interessato sia il fondo che il sottofondo marino, permettendo di individuare nel dettaglio sia i caratteri morfologici che quelli stratigrafici e sedimentologici. La strumentazione utilizzata include sia mezzi di indagine indiretta, costituiti essenzialmente da sonde acustiche (SONAR), sia prelievi diretti del fondo (ad es. bennate) e del sottofondo (carotaggi), il cui impiego prevede l'utilizzo di mezzi navali dimensionati alle profondità e alla distanza dalla costa a cui si intende operare. I rilievi in oggetto hanno indagato fondali compresi tra 4 e circa 1000 m di profondità attraverso l'utilizzo di quattro vettori: la N/O Urania, lunghezza 63 m e la N/O Tethis, lunghezza 31.5 m, entrambi di proprietà CNR con i quali è stato possibile effettuare indagini geofisiche e sedimentologiche a profondità superiori a - 15 m; la N/O Juno, lunghezza 5,5 m, di proprietà INA, Texas USA e un motoscafo open, lunghezza 6 m con i quali ci si è spinti fin sotto costa a basse profondità.

In particolare sono state effettuate misure batimetriche con ecoscandaglio multifascio (Multibeam Echo Sounder) che consente, a differenza dei comuni ecoscandagli a fascio singolo, un elevatissimo numero di misure di profondità per unità di superficie, in modo da avere una copertura pressoché totale dei fondali investigati. I dati raccolti hanno consentito la produzione di carte batimetriche ad elevata risoluzione che illustrano nel dettaglio i caratteri morfologici dei fondali, anche attraverso rappresentazioni tridimensionali e a rilievo ombreggiato. La configurazione dei fondali marini è stata, inoltre, indagata tramite rilievi con sonde a scansione laterale (side scan sonar) che misurano le locali proprietà acustiche del fondo, producendo immagini bidimensionali comparabili ad aereofotografie terrestri, caratterizzate da diversi livelli di grigio (sonogrammi) e contenenti ombre acustiche localizzate nei dintorni di oggetti rilevati o depressioni del fondo. Tali immagini acustiche permettono l'individuazione di affioramenti di roccia e dei vari tipi di sedimento sciolto, di strutture sedimentarie o legate ad attività antropica e di altri elementi morfologici a diverso grado di complessità presenti al fondo. Il sottofondo, invece, è stato studiato attraverso indagini sismiche effettuate tramite profilatori di sedimento (subbottom) che forniscono sezioni stratigrafiche, approssimativamente paragonabili a “radiografie”, che illustrano la geometria degli strati e la eventuale presenza di discontinuità tettoniche (faglie).



Figura 2. L'abitato di Amalfi e la foce del torrente Canneto.

L'aspra fisiografia del paesaggio Amalfitano è dovuta primariamente a fenomeni geodinamici (tettonica estensionale) che crearono, nel Pleistocene inferiore, il Golfo di Salerno e a cui sono da imputare gli elevati gradienti topografici e la fratturazione del substrato calcareo di età Mesozoica presente in quest'area. Calcari e dolomie costituiscono anche il sottofondo delle adiacenti aree marine, emergendo localmente a formare faraglioni o piccole isole (arcipelago de Li Galli, Isca, Vetara). La geologia recente delle aree emerse risulta caratterizzata dalla presenza di depositi piroclastici e alluvionali di età Quaternaria e altri depositi incoerenti come brecce di versante e depositi alluviali ed eluviali, in diretto contatto col substrato carbonatico. I materiali vulcanici sono di gran lunga più diffusi e comprendono maggiormente i depositi da caduta della grande eruzione vesuviana del 79 d.C., costituiti da strati pomicei intercalati a ceneri sabbioso-siltose. Tali coperture affiorano in modo discontinuo nel bacino del Bonea e lungo tutta l'area costiera, con spessori altamente variabili (da pochi decimetri a diversi metri), e spesso risultano fortemente alterate a formare livelli pedogenizzati a luoghi scarsamente coerenti.

Secondo fonti scritte, durante la notte del 24 novembre 1343, un'intera parte della città di Amalfi scomparve improvvisamente sott'acqua in un disastroso terremoto che colpì la Repubblica Marinara (Fig. 1) . Inoltre resti di mura romane sono stati mappati lungo le 11 miglia di costa a nord e a sud di Amalfi: si tratta di mura romane in opus reticulatum in prima analisi da attribuire a una possibile area di ancoraggio naturale, adibita a carico e scarico merci.

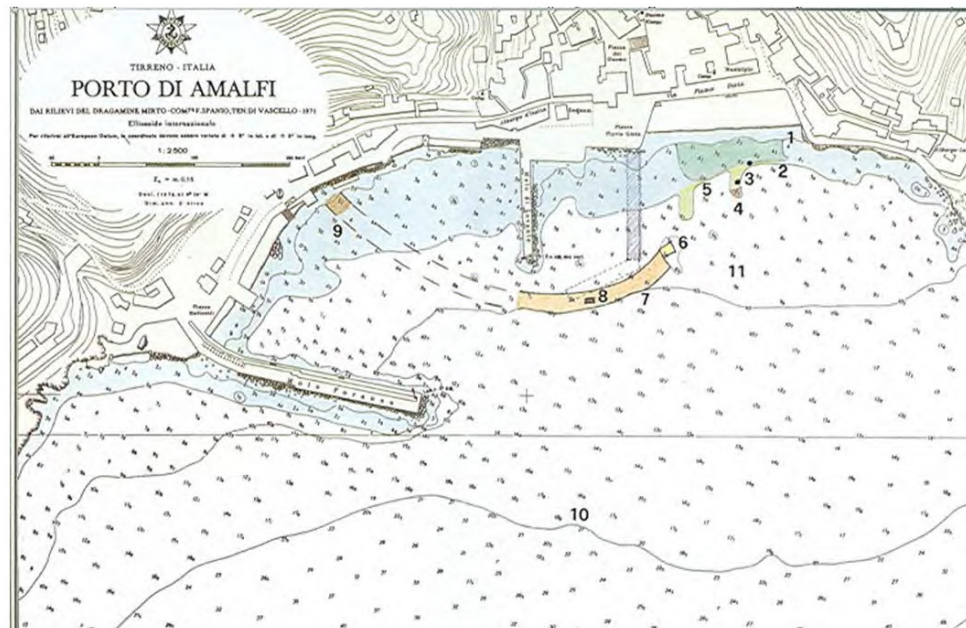


Figura 1. Presunte opere sommerse derivanti dallo “sprofondamento” parziale della marina di Amalfi. In particolare con i n. 8 e 9 si indicano i resti del molo Capuano di età medievale.

La costa rocciosa di Amalfi

La Costa d'Amalfi rappresenta un area di costa rocciosa che si sviluppa lungo il fianco mediterraneo della catena appenninica con ripidi versanti carbonatici, profondamente dissecati da piccoli corsi d'acqua a regime torrentizio ed elevato gradiente, sottesi a piccoli bacini di alimentazione posti a quote elevate (fino a circa 1400 m; Fig.2). Gran parte dei centri abitati sono stati costruito all'interno di tali bacini normalmente caratterizzate da scarse portate e basso carico sedimentario i cui valori possono rapidamente aumentare anche di alcuni ordini di grandezza in occasione di eventi piovosi significativi.



Figura 2. L'abitato di Amalfi e la foce del torrente Canneto.

L'aspra fisiografia del paesaggio Amalfitano è dovuta primariamente a fenomeni geodinamici (tettonica estensionale) che crearono, nel Pleistocene inferiore, il Golfo di Salerno e a cui sono da imputare gli elevati gradienti topografici e la fratturazione del substrato calcareo di età Mesozoica presente in quest'area. Calcari e dolomie costituiscono anche il sottofondo delle adiacenti aree marine, emergendo localmente a formare faraglioni o piccole isole (arcipelago de Li Galli, Isca, Vetara). La geologia recente delle aree emerse risulta caratterizzata dalla presenza di depositi piroclastici e alluvionali di età Quaternaria e altri depositi incoerenti come brecce di versante e depositi alluviali ed eluviali, in diretto contatto col substrato carbonatico. I materiali vulcanici sono di gran lunga più diffusi e comprendono maggiormente i depositi da caduta della grande eruzione vesuviana del 79 d.C., costituiti da strati pomicei intercalati a ceneri sabbioso-siltose. Tali coperture affiorano in modo discontinuo nel bacino del Bonea e lungo tutta l'area costiera, con spessori altamente variabili (da pochi decimetri a diversi metri), e spesso risultano fortemente alterate a formare livelli pedogenizzati a luoghi scarsamente coerenti.



Figura 3. Resti della villa romana di Positano.

Anche la fisiografia delle aree sommerse risulta fortemente controllata da processi tettonici, soprattutto per la presenza di un importante lineamento strutturale - la faglia di Capri/ - che si sviluppa a largo della costa a una distanza compresa tra qualche decina di metri, nel tratto Conca dei Marini - Praiano, e circa 4 km, riducendo notevolmente l'estensione della piana costiera sommersa (piattaforma continentale). Le deboli pendenze che caratterizzano i fondali prossimi alla costa vengono, infatti, bruscamente interrotte da tale discontinuità che origina una ripida scarpata sottomarina solcata da profonde incisioni, che li mette in comunicazione con una importante depressione allungata in direzione est-ovest - la Valle di Salerno - punto di raccolta finale di gran parte dei sedimenti erosi dai versanti amalfitani. Tuttavia tale depressione non trova continuità nei fondali vietresi in quanto ampiamente riempita da depositi continentali provenienti da oriente che, oltre a colmare l'estesa depressione costiera del Fiume Sele (Piana del Sele) tendono ad avanzare verso mare, a costituire settori sommersi gradualmente degradanti.

Oltre a tracce di frequentazione preistorica, la Costa d'Amalfi conserva resti di età romana; epoca che vide sorgere alcune isolate ville marittime, tra cui quelle di Minori, Amalfi, Positano (Fig.3) e del Gallo Lungo. Unico centro abitato dell'epoca sembra essere stato Marcina (oggi Vietri sul Mare) della quale ci restano resti di corredi tombali del VI sec a.C. e tracce di un edificio termale del I sec. d.C. Dopo i danni arrecati dalla eruzione vesuviana del 79 d.C. e, ancor di più, dalla potente crisi alluvionale da essa innescata, l'area in oggetto vede sorgere villaggi e città a partire dall'alto Medioevo, conoscendo un periodo di massimo splendore durante il Rinascimento. Per i suoi paesaggi e le sue tracce

XII secolo d.C.) generando uno straordinario sistema territoriale e culturale. La loro costruzione ha costituito una significativa interferenza con l'ambiente naturale, introducendo nuovi equilibri nel sistema geomorfico e nel bilancio idrico. Tale equilibri si basano necessariamente sul mantenimento continuo di canali di irrigazione, acquedotti e bacini idrici che, una volta abbandonati, possono causare una perdita significativa di terreni produttivi e biodiversità, nonché un aumento del rischio naturale e la scomparsa di un ricco patrimonio culturale.

Lo sviluppo dei terrazzamenti in Costiera Amalfitana è stato attuato attraverso comportamenti sociali e l'uso di tecniche specifiche. Tradizionalmente i canali di irrigazione sono gestiti congiuntamente dalla comunità e in passato il legame tra uomo e territorio è stato stabilito attraverso eventi religiosi e tradizioni associate che comportavano chiari obblighi in materia di cura dei terreni in particolare quelli legati alla gestione delle acque superficiali. Un tale patrimonio culturale di regole efficaci contro il degrado del territorio è gradualmente scomparso e il mantenimento di terrazze e sistemi di irrigazione è attualmente significativamente ridotto. L'abbandono delle aree terrazzate è principalmente dovuto alla ridotta competitività e alla datazione delle tecniche tradizionali solo raramente sostituite da nuove tecnologie.

Se i terrazzamenti costituiscono un'interferenza con l'ambiente naturale, allo stesso modo il loro abbandono può comportare una nuova significativa interferenza con un potenziale aumento del pericolo naturale. La mancanza di manutenzione di un paesaggio alterato dall'uomo implica un rapido ripristino delle condizioni geomorfiche originali mediante fenomeni erosivi che causano diffusi problemi di instabilità di pendio e conseguente aumento del trasporto di solidi nei fiumi. Ciò è particolarmente significativo per la Costa d'Amalfi, dove l'urbanizzazione è principalmente limitata alle bocche del torrente, le uniche aree in cui sono presenti aree sub pianeggianti adatte allo sviluppo di attività antropiche.

Rilievi multibeam

Un gruppo di ricerca formato da ricercatori del CNR e della Fondazione nautica INA-RPM e da personale del Centro di Cultura e Storia Amalfitana ha eseguito rilievi geofisici tra il 7 e il 30 marzo nelle acque al largo della Repubblica marinara italiana di Amalfi, circa 20 miglia a sud di Napoli. E' stato utilizzato un sistema multibeam Reson 8125 montato a bordo della nave da ricerca RPM Juno che hanno fornito dati per produrre la una prima mappa tridimensionale del fondale marino in un area compresa tra Vietri sul Mare e Conca dei Marini. Le indagini hanno interessato fondali tra -2 e - 100 m di profondità. Lo scopo principale dei

rilievi effettuati riguarda la creazione di una mappa archeologica di siti sommersi potenzialmente presenti lungo la Costiera Amalfitana.

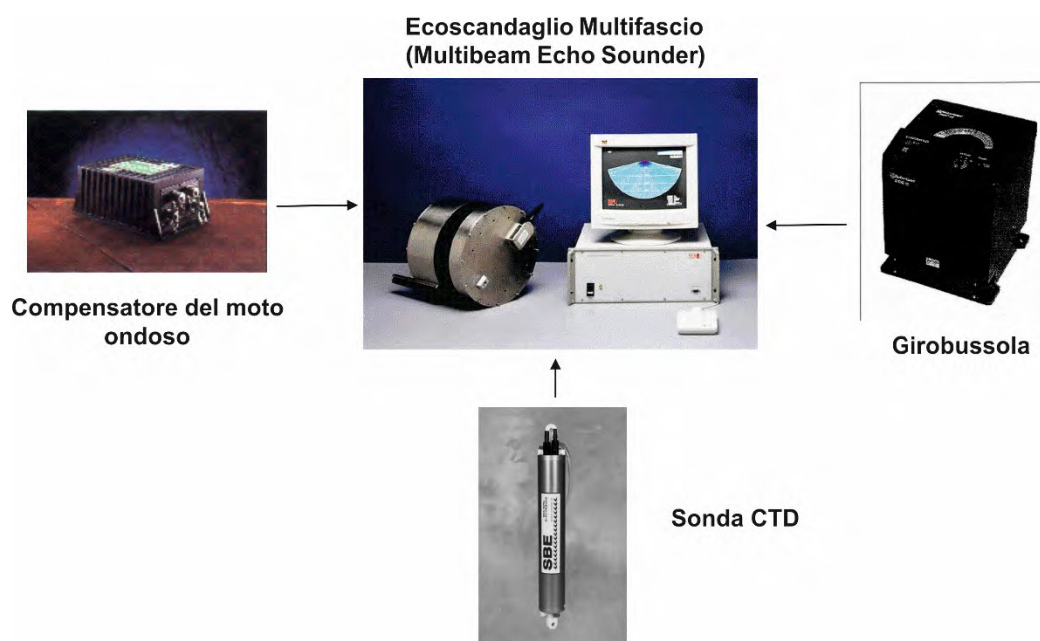


Figura 5. Componenti del sistema multibeam utilizzato.

In particolare le aree interessate dalle indagini vanno da Salerno a Capo Conca per un totale di 50 kmq. Il rilievo si caratterizza per l'elevata risoluzione e per bassa profondità raggiunta (- 1 / - 30 m). Il modello usato per l'acquisizione di dati batimetrici è il Reson SeaBat8125 che permette di arrivare ad una profondità di circa 100 metri (Fig. 5). Il sistema è composto da un array cilindrico di trasmettitori e da un array lineare di ricevitori; la frequenza operativa è 455kHz ed il fascio emesso è composto da 240 beam distanziati fra loro di 0.5°, per un'apertura angolare totale di 120° nella direzione perpendicolare alla nave. Il potere risolutivo dipende dall'angolo tra i singoli impulsi emessi e varia con la profondità. Il SeaBat8125, utilizzando una frequenza elevata ed emettendo impulsi di soli 0.5°, permette di ottenere rilievi molto dettagliati.

Il sistema è formato da componenti hardware che interagiscono fra loro: i trasduttori, una Unità di Potenza (UP), interna al box subacqueo in titanio, che gestisce gli impulsi emessi e ricevuti dai trasduttori, una Unità Centrale (CU) che riceve in input i dati dalla UP, dai sensori di movimento e dalla sonda di velocità (SVP-C) posizionata sulla testa del multibeam. Questa sonda è necessaria per il processo del beam steering in quanto fornisce in tempo reale la velocità del suono in corrispondenza del trasduttore. La CU riceve in input il Time che dà la sincronizzazione con il computer di acquisizione al quale manda in output i dati acquisiti tramite protocollo TCP-UDP. La CU permette inoltre all'utente di interagire con la parte elettronica del multibeam mediante una trackball, variando il TVG, i filtri di profondità e di range, la potenza e l'ampiezza

storico-artistiche, l'area è una meta turistica tra le più famose e nel 1997 è stata dichiarata dall'Unesco patrimonio mondiale dell'umanità.

Il paesaggio culturale della Costiera Amalfitana

La Costiera Amalfitana, è considerata una delle località costiere più belle d'Italia, sia per il suo paesaggio naturale che per il suo patrimonio architettonico. Quest'area raggiunse la massima opulenza durante il Medioevo (VI-XI secolo), quando Amalfi divenne la prima Repubblica Italiana Marinara con attività commerciali in tutto il bacino del Mediterraneo e acquisì un notevole potere politico e militare. Dal 1997 è stato inserito nella Lista dei siti Patrimonio dell'Umanità dell'UNESCO, considerato un eccezionale esempio di paesaggio mediterraneo, con un eccezionale valore paesaggistico e culturale derivante dalla sua aspra topografia ed evoluzione storica.

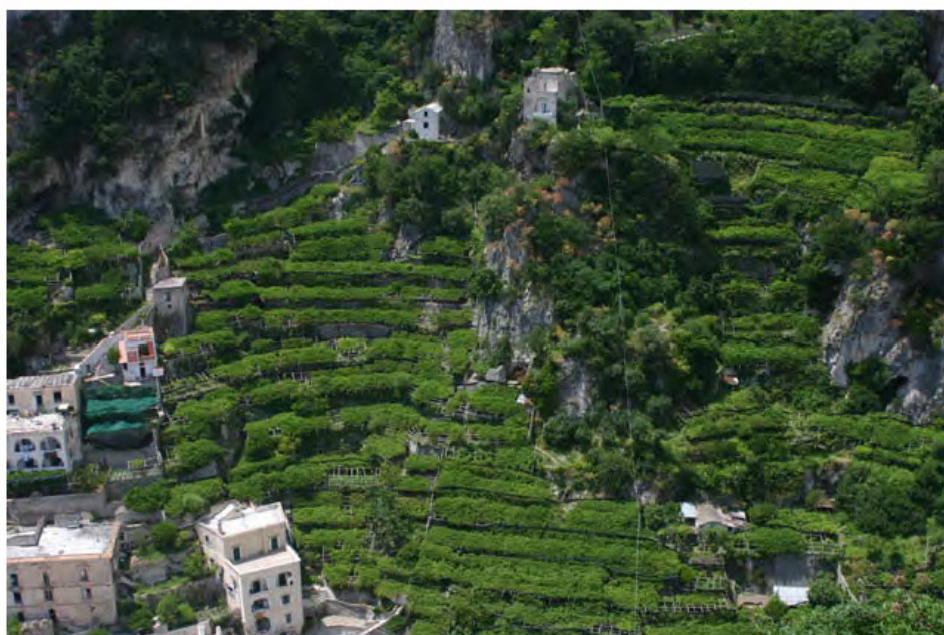


Figura 4. Terrazzamenti antropici nei pressi dell'abitato di Amalfi.

Sui ripidi pendii della Costiera Amalfitana, il terrazzamento è l'unico modo possibile per la coltivazione, in quanto permette di ottenere superfici sub-orizzontali attraverso la deforestazione e l'uso di rocce per costruire muri di contenimento (Fig. 4). I sistemi terrazzati hanno profondamente modificato le caratteristiche geomorfiche e idrologiche delle pendenze originali variando i profili del terreno e deviando il deflusso delle precipitazioni attraverso la costruzione di canali di irrigazione e piscine d'acqua.

Nell'area di studio i terrazzamenti si sono sviluppati con caratteri e tipologie diverse a seconda della pendenza e della morfologia dei pendii dal Medioevo (XI-

dell'impulso e di attivare funzioni opzionali. Data la bassa profondità operativa e la stabilità del segnale di ritorno, non è stato necessario applicare filtri di profondità e di range, ma si è agito solo sulla potenza, lunghezza e numero di impulsi emessi.



Figura 6. Mappa a rilievo ombreggiato dei fondali a largo della Costiera Amalfitana.

Sono inoltre utilizzati un sensore di movimento (TSS) che corregge gli errori di rollio e beccheggio ed una girobussola che indica la direzione della prua della nave. Il sensore di movimento fornisce in tempo reale al sistema di acquisizione le correzioni da applicare al fascio del multibeam dovute ai movimenti dell'imbarcazione: rollio, beccheggio, spostamento verticale e spostamento rispetto all'asse terrestre. A questo scopo è stato utilizzato un Octans1000Sub della IXEA che funziona anche da girobussola. Lo strumento fornisce le correzioni di heave, pitch, roll, surge e sway, ovvero calcola tutti movimenti della nave grazie a tre giroscopi a fibre ottiche.

I dati provenienti dalla CU sono stati acquisiti con il programma PDS2000 della Reson B.V. Il software risulta assai complesso perché in esso sono comprese funzionalità di navigazione, di acquisizione, di processing e di realizzazione cartografica per differenti finalità. Per l'acquisizione esso permette di costruire una doppia visualizzazione che garantisce, attraverso il controllo dell'operatore, finestre utilizzabili dal pilota e finestre utilizzate dall'acquisitore. Nella funzione RealTime tutte le strumentazioni inserite nel Progetto sono attivate e visualizzate in diversi pannelli e quando l'operatore attiva l'acquisizione, esse vengono registrate in un file successivamente rielaborabile.

A disposizione dell'acquisitore vi sono una serie di filtri come il Quality Filter che evidenzia le letture con una bassa qualità, il Nadir Filter che marca i dati esterni meno attendibili, l'Intersect Filter e lo Slope Filter che, applicati in presenza di fondali pianeggianti, eliminano singoli beam o gruppi di beam che mostrano variazioni angolari fra i beam non attendibili in quei fondali. Nel caso particolare di questa acquisizione è stato sufficiente applicare il Quality Filter poiché, data l'estrema variabilità dei fondali, l'utilizzo degli altri filtri sarebbe risultato controproducente.

Poiché il SeaBat 8125 è dotato dell'opzione Side Scan Sonar, lo stesso segnale proveniente dalla CU è stato acquisito con il software Isis della Triton Elics che permette un'elaborazione più dettagliata del segnale di backscattering. I dati provenienti da GPS e sensore di movimento sono trasmessi ai computer di acquisizione mediante connessioni seriali, mentre i dati batimetrici sono trasferiti attraverso una rete LAN; l'Unità Centrale del multibeam riceve i dati dalla sonda in testa ed il sincronismo dal computer di acquisizione tramite cavi seriali.



Figura 7. Sorgente sismica di tipo Boomer (sistema Seistec) utilizzato per i rilievi sismici.

I dati raccolti hanno consentito la produzione di carte batimetriche ad elevata risoluzione che illustrano nel dettaglio i caratteri morfologici dei fondali, anche attraverso rappresentazioni tridimensionali e a rilievo ombreggiato (Fig. 6).

Rilievi sismo-stratigrafici di elevata risoluzione

sono stati acquisiti 400 Km profili sismici ad elevatissima risoluzione con sistema SEISTEC dotato di sorgente tipo boomer in grado di operare a 3.1kV, con potenza di 150 J, risoluzione submetrica e penetrazione di 40-50 m in sedimenti soffici e 20 m in sabbie. I dati raccolti in digitale e l'elevata risoluzione hanno consentito

di tracciare nel dettaglio le geometrie e le forme legate a fenomeni di geohazard. L'ubicazione e l'orientazione di tali profili sono stati stabiliti sulla base di indicazioni fornite da precedenti acquisizioni e della corrispondenza con aree emerse soggette a pericolo geologico.

Questo sistema, con geometria fissa sorgente-ricevitore e offset ridotto (0,75 m) sorgente-ricevitore è ottimizzata per il funzionamento in acque poco profonde. Il profiler è tenuto a galla da due grandi tubi in ABS che formano un catamarano. La sorgente boomer (Fig. 7 e 8) genera un impulso acustico a banda larga con energia significativa per tutta l'intervallo 1-10 kHz mentre il ricevitore verticale consente una registrazione che copre una larghezza di banda di circa 2-7 kHz. Con questo sistema sezioni sismiche in sedimenti non consolidati possono tipicamente raggiungere una risoluzione verticale fino a 15 cm.



Figura 8. Particolare della foto precedente mostrante sia la sorgente sismica (piastra sulla sinistra) che il ricevitore acustico.

I rilievi hanno fornito un'immagine estremamente dettagliata di piccoli fan-delta costieri alimentati da conoidi alluvionali, alla foce dei torrenti d'acqua principali della Costa d'Amalfi (Fig. 6). I singoli corpi deltizi sono larghi circa 1 kmq e spessi da 20 a 50 m. Essi mostrano una morfologia generalmente conica con una pendenza di ca. 20 ° e inclinazione dei foreset tra 15 ° e 30 °.

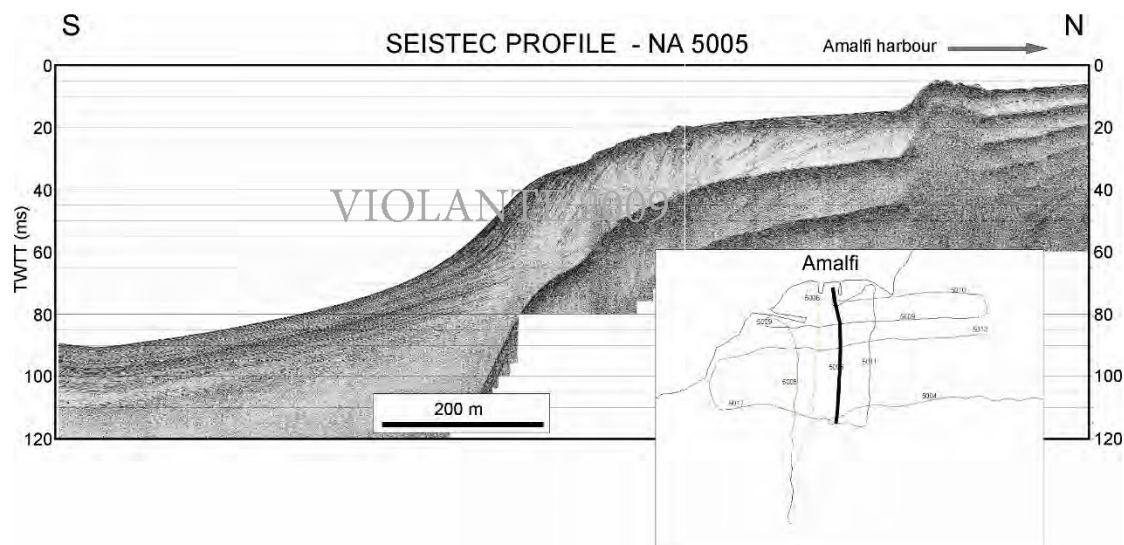


Figura 9. Esempio di sezione sismica a largo dell'abitato di Amalfi.

Rilievi side scan sonar

L'acquisizione di sonogrammi acustici del fondo è stata effettuata tramite l'utilizzo del sistema Side Scan Sonar ad elevata risoluzione in dotazione alla N/O Urania costituito dai seguenti componenti: tow fish digitale modello Klein con doppia frequenza operativa (410/120 KHz) e risoluzione di immagine a 12 bit, operativo fino a 1000 metri, trasportato a traino tramite cavo coassiale; verricello con velocità di recupero di 1 m/s dotato di contametri e display digitale della velocità, azionato tramite remote control; 1500 metri di cavo coassiale; unità di controllo e di potenza; sistema di acquisizione digitale della Discover 4200 SP EdgeTech© completo di unità di memorizzazione dei dati ed interfacciato con sistema di navigazione (Fig. 10).

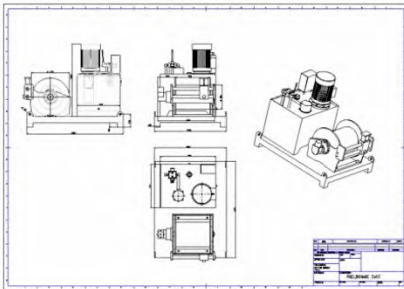
Il sistema di acquisizione è costituito da un Personal Computer opportunamente marinizzato e dotato di componenti e schede per uso industriale. Il software estremamente versatile permette la configurazione del range di acquisizione, la correzione in tempo reale dello Slant Range, il controllo del segnale acustico con eventuali applicazioni di filtri digitali predefiniti o configurabili dall'utente, il controllo della navigazione, la possibilità di selezionare e memorizzare particolari target e la georeferenziazione di ogni singolo pixel.



Workstation ISIS



Deck unit Klein 2100



Verricello idraulico con cavo coassiale



Sonar fish Klein 2260

Figura 10. Sistema side scan sonar Klein 2260.

Il processing dei dati ha previsto le seguenti operazioni, qui elencate e descritte nell'ordine sequenziale con cui sono state eseguite.

- Smoothing della navigazione - Durante l'acquisizione dei dati di navigazione si verificano errori di hardware o problemi di trasmissione che generano valori spuri. Questa operazione consente di individuare e correggere tali errori che possono causare problemi durante le successive fasi di processing.
- Correzione dello slant range - Lo slant range si riferisce alla distanza in tempi intercorrente tra il trasduttore acustico e i bersagli (target) posti sul fondo. Tale parametro aumenta all'aumentare della distanza dal tow fish causando variazioni di compressione nelle immagini acustiche risultanti. La correzione dello slant range oltre a eliminare queste distorsioni consente la rimozione degli effetti della colonna d'acqua.
- Creazione del fotomosaico delle immagini acustiche: Questa operazione è stata effettuata al termine della fase di processing delle registrazioni acustiche ottenute attraverso la sovrapposizione di profili grosso modo paralleli tra loro e opportunamente distanziati. Ciò consente di ottenere una rappresentazione "continua" dei vari settori di mare investigati.

Risultati



Figura 11. Carotaggio a gravità ubicato a largo della Costiera Amalfitana. Il livello di pomici corrisponde al tephra del 79 d.C.

d'acqua (Fig. 11). Queste strutture sono collegate in modo indiretto (punto 1) ovvero direttamente (punto 2) alla grande eruzione del 79 d. C. che, nella prima fase eruttiva formò una colonna di materiali piroclastici (gas, cenere, pomici, lapilli, etc.) alta oltre 30 km, gran parte dei quali, sotto l'azione di venti di alta quota spiranti da nord-ovest, precipitò sulla dorsale carbonatica della penisola di Sorrento e nelle aree marine della costa amalfitana. La presenza di materiali sciolti o semi-consolidati sui ripidi versanti costieri in posizione di forte instabilità gravitativa provocò una drammatica risposta ambientale nei decenni successivi all'eruzione, caratterizzata da ripetute fasi di sovralluvionamento che convogliarono il materiale vulcanico in eccesso verso le principali aste torrentizie e da qui nelle adiacenti aree marine dove, non più costretto dai fianchi vallivi, poté accumularsi "a ventaglio" (delta di foce), producendo una progradazione della linea di riva di varie decine di metri (Fig. 14).

Gli studi geofisici e sedimentologici descritti nel paragrafo precedente hanno fornito dati e informazioni finora in gran parte inediti che consentono di ricostruire il contesto ambientale in cui si sono sviluppate le vicende storiche vietresi e amalfitane degli ultimi 2000 anni. A tal fine gli elementi geologici più significativi sono da ricondurre a: (1) corpi di delta alla foce di impluvi e torrenti maggiori, ritrovati a profondità comprese tra - 5/6 m lungo la costa vietrese e - 11/20 m a largo dell'area amalfitana, a formare un gradino morfologico sommerso ampio tra i 100 e i 500 m alla base dei ripidi versanti costieri (Fig. 6, 12 e 13), e (2) a uno spesso strato di pomici (tephra) ritrovato fino a circa - 12 m dal fondo mare, depositato per gravità dalla colonna

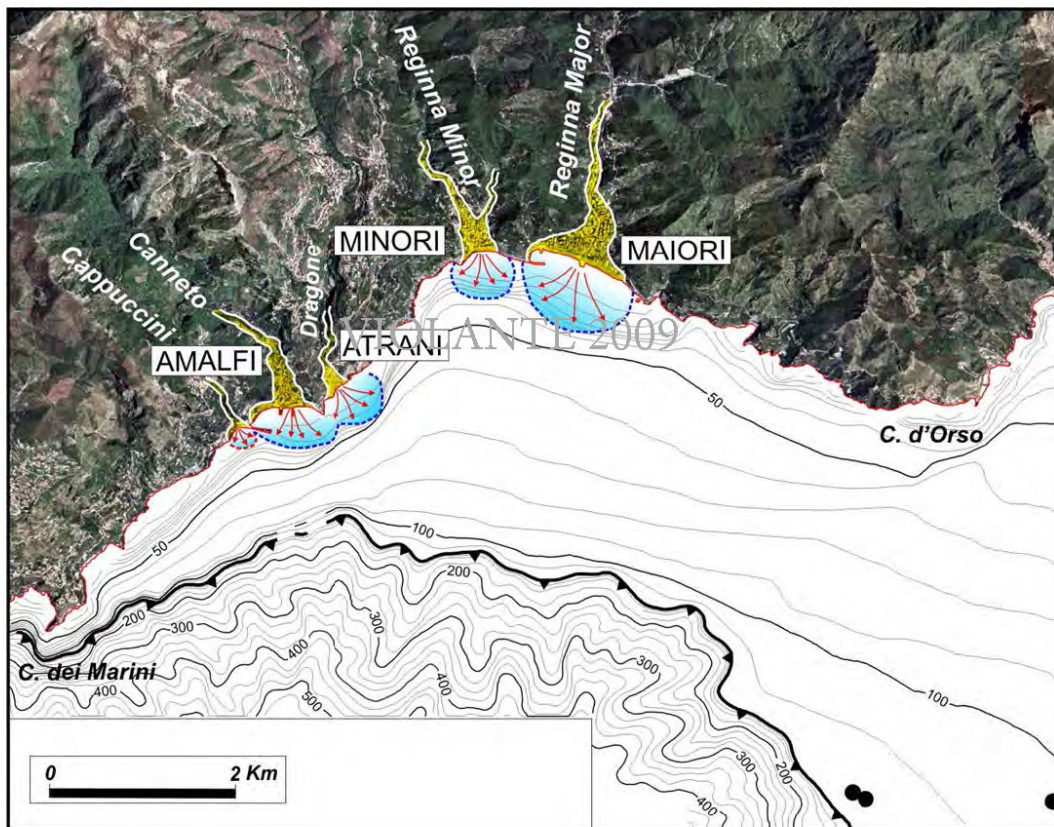


Figura 12. Sistemi deltizi alla foce dei torrenti amalfitani.

Il ritrovamento di delta di foce a largo della Costa d'Amalfi testimonia, quindi, una fase di un importante processo erosivo innescato dalla grande eruzione vesuviana del 79 d. C. i cui prodotti, rielaborati da eventi alluvionali, formarono una "platea" di spiaggia di ampiezza variabile al piede delle attuali falesie costiere. I processi sedimentari alla base di tale fenomeno sono gli stessi che hanno prodotto il cono alluvionale alla foce del torrente Bonea in occasione del nubifragio del 1954, a cui si associò una progradazione della linea di riva di circa 150 m. Questo evento fotografa un istante della crisi alluvionale post 79 d. C., peraltro caratterizzata da alluvioni molto più frequenti con magnitudo sensibilmente più elevata, che seppellì le ville romane di Amalfi, Minori, Positano, Marina di Equa e, con ogni probabilità, distrusse la presunta città di Marcina a Vietri.

Le drammatiche trasformazioni del territorio avvenute in epoca storica nella Costa d'Amalfi sono, quindi, essenzialmente legate all'elevato apporto di materiali vulcanici da caduta, attualmente accumulati in mare alla foce di torrenti sottoforma di depositi alluvionali o sepolti a varie profondità dal fondo (tefra), e ancora ampiamente diffusi sui versanti costieri.

Il ritrovamento e l'interpretazione di tali strutture nelle aree marine consente di effettuare una ricostruzione dell'ambiente fisico, riferibile sia a periodi

torrente Bonea e alla foce del torrente Albori a Vietri, a valle dei torrenti Canneto e Dragoni ad Amalfi e dei torrenti Regina Minor e Regina Maior a Minori e Maiori rispettivamente. L'ampia falcatura costiera presente nell'area vietriese viene gradualmente colmata, con la formazione di una fascia litorale più estesa a largo del Bonea, che si andava rapidamente rastremando verso Albori fino a scomparire quasi del tutto nell'area di Fuenti. Situazione simile ma più pronunciata si verificò nell'area costiera di Amalfi e a largo degli abitati di Maiori e Minori. Qui la fascia litorale si sviluppava in modo discontinuo dalla foce del Canneto a quella del Regina Maior, creando una superficie, anche se a luoghi difficilmente praticabile, potenzialmente percorribile dall'uomo almeno fino a quando, cessato il periodo dominato da eventi alluvionali, l'azione demolitrice del moto ondoso riprese il sopravvento sulle capacità costruttive dei torrenti, sommergendola alle attuali profondità.

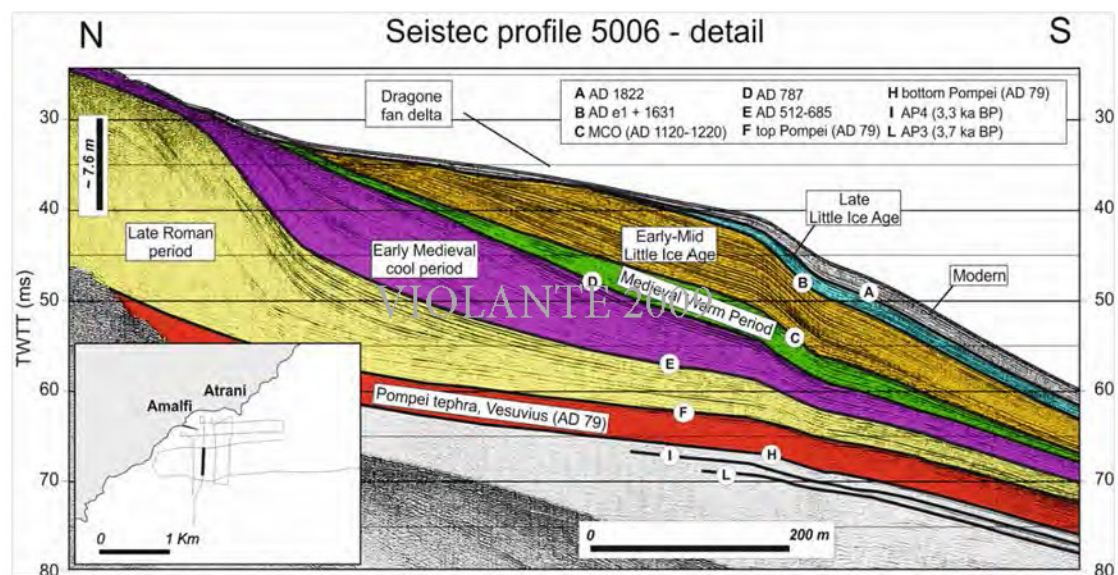


Figura 14. Ricostruzione delle fasi di progradazione del delta sommerso alla foce del torrente Canneto.

Il quadro ambientale successivo al 79 d. C. trova ancora riscontro nelle notizie derivanti da fonti storiche e dalla tradizione orale, che fanno riferimento al presunto villaggio di Fuenti a Vietri e alla maggiore estensione verso mare dell'area portuale d'Amalfi, attualmente sommersa alla foce del torrente Canneto ("Amalfi sommersa"). Ulteriori documenti indicano la possibilità, in epoca Medioevale, di raggiungere il villaggio di Minori da Amalfi attraversando "Marina Marina", ovvero utilizzando un percorso localizzato ai piedi delle attuali falesie costiere, presente anche tra Vietri e Punta Fuenti. In questo secondo caso, secondo fonti storiche e orali, l'area litorale veniva utilizzata anche per lo sbarco merci, rimandando alla possibilità di una persistenza di un approdo in quest'area, anche dopo la crisi ambientale del 79 d. C.

precedenti che successivi l'evento del 79 d. C. Stime conservative basate sullo spessore e sull'estensione dei corpi di delta, e sull'andamento del tefra vulcanico ricalcante la batimetria all'epoca della sua deposizione, indicano che prima del 79 d. C. la rada di Vietri era caratterizzata da fondali rapidamente degradanti verso mare, soprattutto nell'area di Fuenti, con falesie costiere maggiormente estese nel tratto subacqueo rispetto all'attuale (oltre la decina di metri), e linea di riva arretrata fino a lambire i versanti rocciosi a tergo della Marina di Vietri. In particolare si raggiungevano profondità dell'ordine dei 30 m a largo della foce del Bonea (- 20 m rispetto alle profondità attuali) e di circa 15 m alla Punta di Fuenti, a largo della quale è stata ritrovata una struttura in opus reticulato basculata verso terra a una profondità di 9,50 m, e con base sepolta da circa 5 m di sedimenti poggiante oltre 14,30 m sotto il livello marino. L'ipotesi avanzata da diversi autori, che fanno riferimento al presunto approdo romano di Fonti, l'antico porto di Vietri, la cui esistenza, molto dibattuta e incerta, non risulta in contraddizione con lo scenario ambientale delineato in precedenza. La presenza di alto fondale a partire dalla linea di costa anche nell'area corrispondente alla Marina di Vietri, poteva creare, infatti, un approdo naturale alla foce del Bonea determinato dall'ampia falcatura seguita dai versanti rocciosi che oggi limitano a monte l'area di spiaggia.

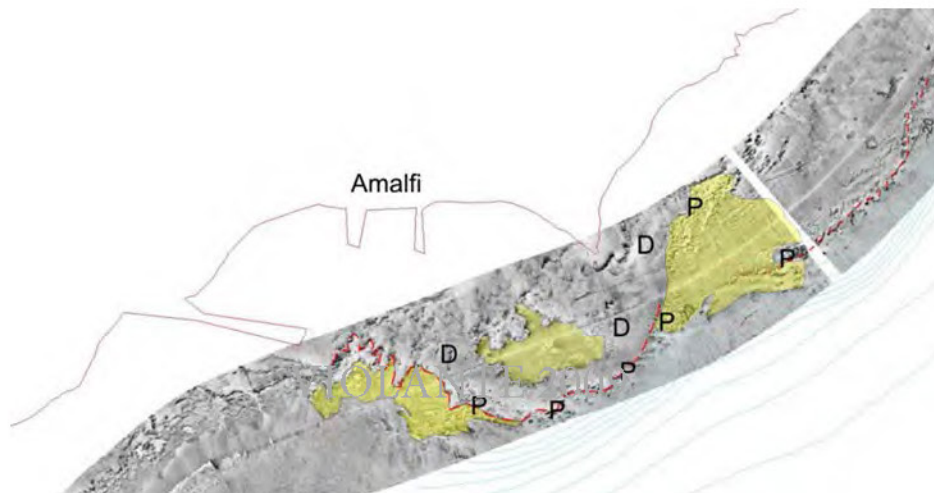


Figura 13. Immagine side scan sonar del sistema deltizio alla foce del torrente Canneto.

Nei decenni successivi all'eruzione del 79 d. C. l'apporto di materiale vulcanico rielaborato da intensi processi alluvionali, produce un progressivo avanzamento della linea di riva con la formazione di platee di spiaggia in tratti di costa compresi tra la Marina di Vietri e Capo d'Orso e tra Capo Conca e Maiori (vedi fig. 2). I caratteri morfologici delle aree marine subiscono sostanziali mutazioni legate alla diminuzione di profondità sia sottocosta, per la presenza di corpi di delta, sia più a largo dove l'apporto di materiale avviene attraverso flussi densi sottomarini di origine fluviale (flussi iperpicnali) o direttamente dalla colonna d'acqua (fall-out vulcanico). Le progradazioni maggiori si verificano a largo del

Bibliografia

Amarotta Arcangelo R. (1985) Il secolo normanno nell'urbanistica salernitana. In "Rassegna storica salernitana", n.s., II, 1.

Biscarini Chiara, Di Natale Michele, Esposito Eliana, Porfido Sabina, Violante Crescenzo (2006) Hydrological risk analysis in coastal area. Proceedings 1st Seminar of the National Comm. IHP-UNESCO on "Water for life: water resources and risk management perspectives. CNR-GNDCI pub. N° 2907.

Brancaccio Ludovico, Cinque Aldo, Romano Paola, Roskopf Carmen, Russo Filippo & Santangelo Nicoletta (1995) L'evoluzione delle pianure costiere della Campania: geomorfologia e neotettonica. Mem. Società Geografica Italiana 53, 313-336.

Budillon Francesca, Violante Crescenzo, Conforti Alessandro, Esposito Eliana, Insinga Donatella, Iorio Marina, Porfido Sabina (2005) Underflow fluxes in the recent prodelta stratigraphic record of a small flood-prone stream, the Bonea (Amalfi Coast, Southern Italy). Marine Geology.

Bergman Robert P. (1979) "Amalfi sommersa ": myth or reality? Archivio storico per le Province Napoletane, II, Soc. Nap. Storia Patria, 23-33.

Casciello Emilio, Cesarano Massimo, Esposito Eliana, Pappone Gerardo, Piaquadio Giuseppe, Porfido Sabina, Violante Crescenzo (2004) Dissesti idrogeologici nel bacino del Bonea, Costiera Amalfitana (Salerno). Atti del Convegno su: Aree Costiere, Accademia dei Lincei, Roma, 205, 339-348.

Cinque Aldo, Robustelli Giovanni, Russo Marco (2000) -The consequences of pyroclastic fallout on the dynamics of mountain catchments: geomorphic events in the Rivo d'Arco Basin (Sorrento Peninsula, Italy) after the Plinian eruption of Vesuvius in 79 A.D.. Geogr. Fis. E Dinam. Quat., 23, 117-129.

Esposito Eliana, Porfido Sabina & Violante Crescenzo (2003a) Reconstruction and recurrence of flood-induced geological effects: the Vietri sul Mare case history (Amalfi coast, Southern Italy). In: Fast Slope Movements Prediction and Prevention for Risk Mitigation (ed. by L. Picarelli). AGI 1, 169-172.

Esposito Eliana, Porfido Sabina Violante Crescenzo & Alaia, Fiorentino (2003b) Disaster induced by historical floods in a selected coastal area (Southern Italy). In: PHEFRA (Palaeofloods, Historical Data & Climatic Variability: Application in Flood Risk Assessment (ed. by V. R. Thorndycraft, G. Benito, M. Barriendos & M. C. Llasat) (Proc. Barcelona, Spain, Workshop, October 2002), 143-148.

- Esposito Eliana, Porfido Sabina, Violante Crescenzo, Biscarini Chiara, Alaia Fiorentino, Esposito Giuseppe, (2004) Water events and historical flood recurrences in the Vietri sul Mare coastal area (Costiera Amalfitana, southern Italy). Proceedings of the UNESCO/IAHS/IWHA Symposium on "The Basis of Civilization – Water Science?", Rome, IAHS, 286, 95-106.
- Fumanti Fiorenzo, Rischia Irene, Serva Leonello, Trigila Alessandro, Tranfaglia Giuseppe, Violante Crescenzo (2002) Effetti sul territorio dell'evento meteorico del 7-8 ottobre 1899 nel salernitano. Acc. Naz. Lincei, 181, 395-410.
- Gargano G. (1997) Un esempio di ricerca storica ed archeologica: l'analisi dell'area "Maritima" di Amalfi. Rassegna del Centro di Cultura e Storia Amalfitana, VII, 137-180.
- Lazzari, Antonio (1954) Aspetti geologici dei fenomeni verificatisi nel Salernitano in conseguenza del nubrifragio del 25-26 Ottobre 1954. Bollettino Società dei Naturalisti LXIII, 131-142.
- Johannowsky Werner (1982) Caratteri e fasi delle culture preistoriche e classiche. In: Leone A. e Vitolo G., Guida alla storia di Salerno e della sua provincia, Salerno.
- Napoli Mario, 1971. L'attività archeologica nelle province di Avellino, Benevento e Salerno. Atti 11° Conv. Studi sulla Magna Grecia, Taranto, 10-15 ottobre 1971, 390-402
- Milliman John D. & Syvitski, James P.M., (1992) Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. J. Geol. 100, 525-544.
- Mulder Thierry & Syvitski James P.M., (1995) Turbidity currents generated at river mouths during exceptional discharges to the world oceans. J. Geol. 103, 285-299.
- Penta Francesco, Lupino, R., Camozza, F. & Esu, F. (1954) Effetti dell'alluvione del 26 ottobre 1954 nel Salernitano. Rivista Italiana di Geotecnica 6, 245-257.
- Pescatore Tullio, Sigurdsson Haraldur (1993) L' eruzione del vesuvio del 79 d.C. In: Ercolano 1738-1988. 250 anni di esperienza archeologica, Roma, 449-458.
- Polverino Agnello (1716) Descrizione istorica della città fedelissima della Cava, Napoli.
- Taiani Filippo (1895) L'antica Marcina e Vietri sul mare, cenni storico-critici, Salerno.

Tesauro Aniello, (1984) Fonti e documenti per la storia di Vietri. Dalle origini al periodo normanno. Salerno.

Tesauro Aniello, Aspettative portuali e statistiche industriali a Vietri nel XIX secolo. Questo volume.

Violante C., Sacchi M., Cinque A., Esposito E., Porfido S., Toth T., Vittori E. (2004b) Geophysical investigations and underwater archaeology: the debated case of Amalfi sommersa (Amalfi coast, Southern Italy. Atti GNGTS XXIII - ISBN 88-900385-8-6.

Violante Crescenzo, de Alteriis Giovanni, Esposito Eliana (2006) Seafloor base maps, geological features and hazard assessment in marine coastal areas. Example from the Bay of Naples, Campania, Southern Italy. Proc. Of 5th European Congress on Geoscientific Cartography and Information Systems. Barcellona. Ist. Geo. Catalonia, 1, 534-537.

Stampato nel maggio 2009 presso
CNR Istituto per l'Ambiente Marino Costiero
Calata Porta di Massa
Napoli